

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
2. Dezember 2004 (02.12.2004)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2004/104715 A1

(51) Internationale Patentklassifikation⁷: G05B 19/4093,
B23C 3/18, 5/10

HEINRICH, Stefan [DE/DE]; Selibertstrasse 7, 82276
Adelshofen (DE).

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE2004/000809

(74) Anwälte: SÖLLNER, Oliver usw.; DaimlerChrysler AG,
Intellectual Property Management, IPM - C106, 70546
Stuttgart (DE).

(22) Internationales Anmeldedatum:

17. April 2004 (17.04.2004)

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,
AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH,
CN, CO, CR, CU, CZ, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI,
GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE,
KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD,
MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG,
PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM,
TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM,
ZW.

(25) Einreichungssprache:

Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache:

Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:

103 22 342.8 17. Mai 2003 (17.05.2003) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme
von US): MTU AERO ENGINES GMBH [DE/DE];
Dachauer Strasse 665, 80995 München (DE).

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,
GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM,
ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ,
TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK,
EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PL, PT,

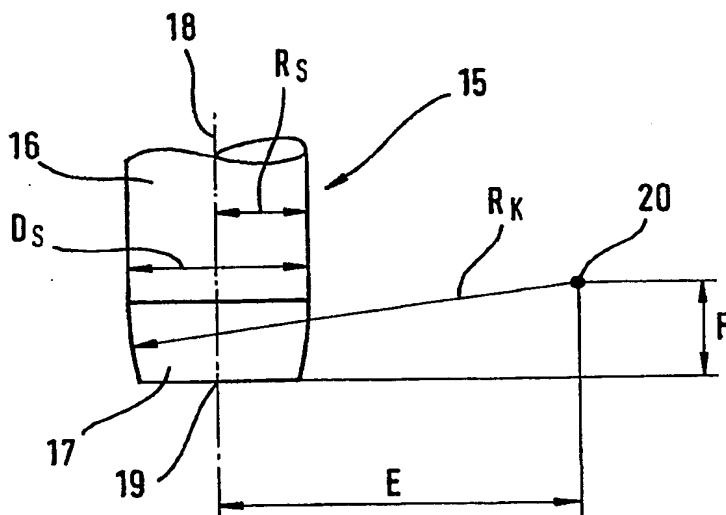
(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): GLÄSSER, Arndt
[DE/DE]; Olchinger Strasse 45, 85221 Dachau (DE).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD FOR CUTTING FREEFORM SURFACES, CUTTING TOOL AND USE OF SAID CUTTING TOOL

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUM FRÄSEN VON FREIFORMFLÄCHEN FRÄSWERKZEUG UND VERWENDUNG DES
FRÄSWERKZEUGS



(57) Abstract: The invention relates to a method for cutting freeform surfaces. A workpiece is cut by a cutting tool (15) in such a way that a desired freeform surface is obtained. For cutting purposes, the cutting tool (15) is displaced in relation to the workpiece along at least one defined cutting trajectory. The invention uses a cutting tool (15), whose tool head (17) has a greater radius than that of a tool shank (16) of the cutting tool (15).

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Fräsen von Freiformflächen. Ein Werkstück wird von einem Fräswerkzeug (15) derart gefräst, dass sich eine gewünschte Freiformfläche ergibt, und wobei das Fräswerkzeug (15) zum Fräsen entlang mindestens einer definierten Fräsbahn relativ zum

WO 2004/104715 A1

Werkstück bewegt wird. Erfindungsgemäß wird ein Fräswerkzeug (15) verwendet, dessen Werkzeugkopf (17) einen größeren Radius aufweist als ein Werkzeugschaft (16) des Fräswerkzeugs (15).



RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— *mit internationalem Recherchenbericht*

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

1 IAP20 Rec'd PCT/PTO 17 NOV 2005

Verfahren zum Fräsen von Freiformflächen,
Fräswerkzeug und Verwendung des Fräswerkzeugs

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Fräsen von Freiformflächen nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1. Des weiteren betrifft die Erfindung ein Fräswerkzeug nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 10 und die Verwendung des Fräswerkzeugs.

Die hier vorliegende Erfindung betrifft das Gebiet der Frästechnik, insbesondere das HSC (High Speed Cutting)-Fräsen, welches auch als HPC (High Performance Cutting)-Fräsen bezeichnet wird.

Für das Fräsen von Freiformflächen werden nach dem Stand der Technik sogenannte Kugelfräser eingesetzt. Derartige Kugelfräser verfügen über einen Werkzeugschaft und einen sich an den Werkzeugschaft anschließenden Werkzeugkopf, wobei beim Kugelfräser ein Radius des Werkzeugkopfs einem Radius des Werkzeugschafts entspricht. Der Werkzeugkopf steht demnach seitlich nicht über eine äußere Mantelfläche des Werkzeugschafts vor.

Zur Minimierung einer sich beim Fräsen einstellenden, unerwünschten Restzeitung ergeben sich bei Verwendung eines Kugelfräzers Beschränkungen hinsichtlich des einzuhaltenden Zeilenabstands zwischen den Fräsbahnen des Fräswerkzeugs. Hierdurch ergibt sich eine relativ große Anzahl von erforderlichen Fräsbahnen, wodurch die zum Fräsen benötigte Zeit bestimmt wird. Unter dem Gesichtspunkt des High Speed Cutting bzw. High Performance Cutting sind jedoch geringe Fräseiten wünschenswert.

Hiervon ausgehend liegt der vorliegenden Erfindung das Problem zu Grunde, ein neuartiges Verfahren zum Fräsen von Freiformflächen, ein neuartiges Fräswerkzeug sowie eine Verwendung des Fräswerkzeugs vorzuschlagen.

Dieses Problem wird dadurch gelöst, dass das eingangs genannte Verfahren zum Fräsen von Freiformflächen durch die Merkmale des kennzeichnenden Teils des Patentanspruchs 1 weitergebildet ist.

Ein Werkstück wird von einem Fräswerkzeug derart gefräst, dass sich eine gewünschte Freiformfläche ergibt. Das Fräswerkzeug wird zum Fräsen entlang mindestens einer definierten Fräsbahn relativ zum Werkstück bewegt. Erfindungsgemäß wird ein Fräswerkzeug (sogenannter Sonderfräser) verwendet, dessen Werkzeugkopf einen größeren Radius aufweist als ein Werkzeugschaft des Fräswerkzeugs, ohne dass jedoch der Werkzeugkopf seitlich über eine äußere Mantelfläche des Werkzeugschafts vorsteht. Dies hat den Vorteil, dass sich beim Fräsen eine geringe Restzeitung ergibt. Der Zeilenabstand beim Fräsen kann demzufolge erhöht und die zum Fräsen benötigte Zeit verringert werden.

Nach einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung werden unter Verwendung eines Kugelfräzers, dessen Radius des Werkzeugkopfs dem Radius des Werkzeugschafts entspricht, erste Fräsbahnen erzeugt. Aus diesen ersten Fräsbahnen werden zweite Fräsbahnen für das zu verwendende Fräswerkzeug, dessen Werkzeugkopf einen größeren Radius aufweist als ein Werkzeugschaft desselben, generiert. Dies erlaubt eine besonders einfache und schnelle Generierung der Fräsbahnen für das zu verwendende Fräswerkzeug. Diese vorteilhafte Ausgestaltung kommt dann zum Einsatz, wenn das verwendete CAM-System keine Sonderfräser unterstützt.

Das erfindungsgemäße Fräswerkzeug ist durch die Merkmale des Patentanspruchs 10 gekennzeichnet. Die erfindungsgemäße Verwendung des Fräswerkzeugs ist in Patentanspruch 13 definiert.

Bevorzugte Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich aus den abhängigen Unteransprüchen und der nachfolgenden Beschreibung.

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung wird, ohne hierauf beschränkt zu sein, an Hand der Zeichnung näher erläutert. In der Zeichnung zeigt:

Fig. 1: ein Fräswerkzeug nach dem Stand der Technik in Seitenansicht; und

Fig. 2: ein erfindungsgemäßes Fräswerkzeug in Seitenansicht.

Nachfolgend wird die hier vorliegende Erfindung unter Bezugnahme auf die Figuren in größerem Detail erläutert. Bevor jedoch die Details des erfindungsgemäßen Verfahrens sowie des erfindungsgemäßen Fräswerkzeugs dargestellt werden, sollen nachfolgend einige Begriffe definiert werden, auf die später Bezug genommen wird.

Bei der Fräsbearbeitung eines zu bearbeitenden Werkstücks soll sich an der Oberfläche des Werkstücks eine gewünschte dreidimensionale Geometrie einstellen. Diese gewünschte dreidimensionale Geometrie an der Oberfläche des Werkstücks wird auch als Freiformfläche bezeichnet.

Die Fräsbearbeitung des zu bearbeitenden Werkstücks erfolgt mithilfe eines Fräswerkzeugs, einem sogenannten Fräser. Zur Bearbeitung des Werkstücks wird das Fräswerkzeug bzw. der Fräser relativ zum Werkstück bewegt. Die Bewegung des Fräswerkzeugs bzw. Fräisers relativ zum Werkstück wird durch sogenannte Werkzeugkoordinaten beschrieben, wobei die Werkzeugkoordinaten die Position eines Werkzeugbezugspunkts definieren. Die Bewegung des Werkzeugbezugspunkts bei der Fräsbearbeitung des Werkstücks bezeichnet man als Werkzeugbahn bzw. Fräsbahn.

Das Fräswerkzeug verfügt über einen Werkzeugschaft sowie einen sich an den Werkzeugschaft anschließenden Werkzeugkopf. Der Werkzeugkopf kommt beim Fräsen mit dem zu bearbeitenden Werkstück in Kontakt. Die Eigenschaften eines Fräswerkzeugs werden durch mehrere geometrische Parameter bestimmt, die in der Regel in einem Werkzeugkoordinatensystem angegeben werden. Ein Ursprung dieses Werkzeugkoordinatensystems wird von dem Werkzeugbezugspunkt gebildet, in welchem sich eine Achse bzw. Symmetriearchse des Werkzeugschafts mit einem Ende bzw. einer Spalte des Werkzeugkopfs schneidet. Ausgehend von diesem Ursprung des Werkzeugkoordinatensystems verläuft eine erste Achse desselben in Richtung der Symmetriearchse des Werkzeugschafts. Die übrigen Achsen des Werkzeugkoordinatensystems verlaufen jeweils senkrecht hierzu.

Bei den Parametern, durch welche die Eigenschaften eines Fräswerkzeugs im Werkzeugkoordinatensystem definiert werden, handelt es sich insbesondere um einen Durchmesser bzw. Radius des Werkzeugschafts, einen Durchmesser bzw. Radius des

Werkzeugkopfs, eine horizontale Koordinate eines Radiusmittelpunkts des Werkzeugkopfs sowie eine vertikale Koordinate des Radiusmittelpunkts des Werkzeugkopfs.

Gegebenenfalls kommen noch Parameter wie Winkel zwischen Liniensegmenten und horizontal bzw. vertikal verlaufenden Achsen des Fräswerkzeugs hinzu., wobei die vertikale Achse in Richtung der Werkzeugachse und die horizontale Achse senkrecht zu dieser Werkzeugachse des Fräswerkzeugs verläuft.

Die Fräsbearbeitung eines Werkstücks zur Ausbildung einer definierten dreidimensionalen Freiformfläche erfolgt mithilfe eines sogenannten Fünf-Achsfräsens. Beim Fünf-Achsfräsen kann das Fräswerkzeug in fünf Achsen relativ zum zu bearbeitenden Werkstück bewegt werden. Drei Achsen dienen der linearen Relativbewegung des Fräswerkzeugs relativ zum Werkstück, so dass jeder Punkt im Raum angefahren werden kann. Zusätzlich zu dieser linearen Bewegung entlang der sogenannten Linearachsen ist das Fräswerkzeug zur Realisierung von Hinterschneidungen auch um eine Schwenkachse sowie eine Kippachse bewegbar. Entlang der Schwenkachse sowie der Kippachse werden rotatorische Bewegungen des Fräswerkzeugs ermöglicht. Hierdurch ist es möglich, dass alle Punkte im Raum ohne Kollision angefahren werden können. Die Schwenkachse sowie die Kippachse werden häufig auch allgemein mit dem Begriff Rundachsen bezeichnet.

Fig. 1 zeigt ein Fräswerkzeug 10, wie es aus dem Stand der Technik bekannt ist und wie es nach dem Stand der Technik zum Fräsen von Freiformflächen an Werkstücken verwendet wird.

Das Fräswerkzeug 10 gemäß Fig. 1 verfügt über einen Werkzeugschaft 11 sowie einen sich an den Werkzeugschaft 11 anschließenden Werkzeugkopf 12. Der Werkzeugschaft 11 verfügt über einen Durchmesser d_s sowie einen Radius r_s , wobei gilt: $r_s = d_s/2$. Der Werkzeugkopf 12 verfügt über einen Radius r_k , wobei beim Fräswerkzeug gemäß Fig. 1 der Radius r_k des Werkzeugkopfs 12 dem Radius r_s des Werkzeugschafts 11 entspricht. Demzufolge gilt für das Fräswerkzeug 10 der Fig. 1: $r_k = r_s = d_s/2$. Ein solches Fräswerkzeug bezeichnet man auch als Kugelfräser. Wie Fig. 1 entnommen werden kann, steht der Werkzeugkopf 12 seitlich nicht über eine äußere Mantelfläche des Werkzeugschafts 11 vor.

Weiterhin zeigt Fig. 1 eine Achse 13 des Werkzeugschafts 11. Die Achse 13 des Werkzeugschafts 11 schneidet ein Ende bzw. eine Spitze des Werkzeugkopfs 12 in einem Punkt 14, wobei der Punkt 14 einen Ursprung für ein Werkzeugkoordinatensystem bildet.

Fig. 2 zeigt ein erfindungsgemäßes Fräswerkzeug 15. Das erfindungsgemäß Fräswerkzeug 15 verfügt wiederum über einen Werkzeugschaft 16 und über einen sich an den Werkzeugschaft 16 anschließenden Werkzeugkopf 17. Weiterhin zeigt Fig. 2 wiederum eine Achse 18 bzw. Symmetriearchse des Werkzeugschafts 16 sowie einen Punkt 19, in welchem die Symmetriearchse 18 des Werkzeugschafts 16 ein Ende bzw. eine Spitze des Werkzeugkopfs 17 schneidet.

Es liegt nun im Sinne der hier vorliegenden Erfindung, dass ein Radius R_k des Werkzeugkopfs 17 größer ist als ein Radius R_s des Werkzeugschafts 16. Es gilt demnach: $R_k > R_s$. Auch beim erfindungsgemäßem Fräswerkzeug 15 steht der Werkzeugkopf 17 seitlich nicht über einer äußeren Mantelfläche des Werkzeugschafts 16 vor.

Wie Fig. 2 entnommen werden kann, ist der Radius R_k des Werkzeugkopfs 17 deutlich größer als der Radius R_s des Werkzeugschafts 16, insbesondere größer als der doppelte Radius R_s des Werkzeugschafts 17 bzw. der Durchmesser D_s desselben. Es gilt also: $R_k \gg R_s$.

So zeigt Fig. 2, dass ein Radiusmittelpunkt 20 des Werkzeugkopfs 17 des erfindungsgemäßem Fräswerkzeugs 15 nicht mehr wie beim Kugelfräser 10 gemäß Fig. 1 in einem Bereich des Werkzeugschafts liegt, sondern vielmehr außerhalb desselben. Die Position des Radiusmittelpunkts 20 wird durch eine horizontale Koordinate E und eine vertikale Koordinate F im Werkzeugkoordinatensystem bestimmt, wobei ein Ursprung dieses Werkzeugkoordinatensystems im Punkt 19 liegt.

An dieser Stelle sei angemerkt, dass der Radius R_k der Werkzeugspitze 17 zwar in jedem Fall größer ist als der Radius R_s des Werkzeugschafts 16, jedoch kleiner als ein kleinster Krümmungsradius der zu fräsenden Freiformoberfläche. Hierdurch wird zum einen sichergestellt, dass sich eine geringe Restzeitung einstellt und damit der Zeilenabstand

beim Fräsen vergrößert und die Fräsezeit reduziert wird. Andererseits wird gewährleistet, dass eine kollisionsfreie Bearbeitung des Werkstücks möglich ist.

Das erfindungsgemäße Fräswerkzeug 15 wird erfindungsgemäß zur Herstellung von rotationssymmetrischen, scheibenförmigen oder ringförmigen Bauteilen verwendet. Bei diesen Bauteilen handelt es sich um Rotorscheiben mit integraler Beschaufelung, d.h. um sogenannte Bladed Disks, die auch als Blisks bezeichnet werden. Diese finden Verwendung in Flugzeugtriebwerken.

Weiterhin liegt es im Sinne der hier vorliegenden Erfindung, ein neues erfindungsgemäßes Verfahren zum Fräsen von Freiformoberflächen an Werkstücken vorzuschlagen. Bei Fräsen von Freiformoberflächen wird so vorgegangen, dass ein Werkstück von dem Fräswerkzeug 15 derart gefräst wird, dass sich die gewünschte Freiformoberfläche ergibt. Das Fräswerkzeug 15 wird hierzu entlang mehrerer definierter Fräsbahnen relativ zum nicht-dargestellten Werkstück bewegt. Erfindungsgemäß wird das Fräswerkzeug 15 gemäß Fig. 2 verwendet.

Nach einer vorteilhaften Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens werden dann, wenn ein verwendetes CAM-System Sonderfräser nicht unterstützt, in einem ersten Schritt unter Verwendung des Kugelfräzers 10 gemäß Fig. 1 erste Fräsbahnen erzeugt. Beim Kugelfräser 10 gemäß Fig. 1 entspricht der Radius r_k des Werkzeugkopfs 12 dem Radius r_s bzw. dem halben Durchmesser d_s des Werkzeugschafts 11. Derartige Kugelfräser 10 werden vom CAM-System, wie sie aus dem Stand der Technik bekannt sind, in jedem Fall unterstützt. Aus diesen ersten Fräsbahnen werden dann anschließend in einem zweiten Schritt zweite Fräsbahnen für das konkret zu verwendende Fräswerkzeug generiert, dessen Radius R_k des Werkzeugkopfs 17 größer ist als Radius R_s des Werkzeugschafts 16 desselben. Bei dem konkret zu verwendende Fräswerkzeug handelt es sich also um den Sonderfräser im Sinne der Erfindung.

Zur Ermittlung der zweiten Fräsbahnen für das zu verwendende Fräswerkzeug 15 aus den ersten Fräsbahnen, die unter Verwendung des Kugelfräzers 10 erzeugt wurden, werden Normalenvektoren der zu fräsenden Werkstückoberfläche erzeugt. Die ersten Fräsbahnen bestehen aus einer Vielzahl von Stützpunkten, wobei für jeden Stützpunkt der ersten

Fräsbahnen ein Normalenvektor der zu fräsenden Werkstückoberfläche erzeugt wird. Zur Generierung der zweiten Fräsbahnen für das konkret zu verwendende Fräswerkzeug 15 werden die Stützpunkte der ersten Fräsbahnen relativ zu den korrespondierenden Normalenvektoren verschoben, nämlich in Richtung der Normalenvektoren. Dabei werden die Stützpunkte um die Differenz aus dem Radius r_K des Werkzeugkopfs 11 des Kugelfräzers 10 und dem Radius R_K des Werkzeugkopfs 17 des tatsächlich zu verwendenden, erfindungsgemäßen Fräswerkzeugs 15 verschoben. Mit anderen Worten ausgedrückt werden demnach die Stützpunkte derart verschoben, dass ein Berührungs punkt des zu verwendenden Fräswerkzeugs 15 auf einer Oberfläche des zu fräsenden Werkstücks dem Berührungs punkt des Kugelfräzers 10 entspricht und sich immer im Bereich des Radius des Werkzeugkopfs des zu verwendenden Fräswerkzeugs 15 befindet.

Bei dieser Verschiebung der Stützpunkte werden die Koordinaten, welche die Position des Radiusmittelpunkts 20 des Werkzeugkopfs 17 des erfindungsgemäßen Fräswerkzeugs 15 beschreiben, berücksichtigt. Wie bereits oben erwähnt, liegt dieser Radiusmittelpunkt 20 des erfindungsgemäßen Fräswerkzeugs 15 nicht mehr auf Achse 18, sondern ist vielmehr durch die horizontale Koordinate E und um die vertikale Koordinate F definiert. Aus diesen Kenngrößen und den entsprechenden Kenngrößen des Kugelfräzers 10 kann die Verschiebung der Stützpunkte vorgenommen werden.

Nach dem erfindungsgemäßen Verfahren werden demnach vorzugsweise in einem ersten Schritt unter Verwendung eines Kugelfräzers, dessen Radius r_K des Werkzeugkopfs dem Radius r_S des Werkzeugschafts entspricht, erste Fräsbahnen erzeugt. Diese ersten Fräsbahnen dienen als Hilfsfräsbahnen. Im Sinne der Erfindung soll nämlich nicht ein Kugelfräser eingesetzt werden, sondern vielmehr ein erfindungsgemäßes Fräswerkzeug, dessen Radius R_K des Fräserkopfs größer ist als der Radius R_S des Fräterschafts, ohne dass jedoch der Werkzeugkopf seitlich über eine äußere Mantelfläche des Werkzeugschafts vorsteht. Es ist selbstverständlich, dass die Hilfsfräsbahnen unter Verwendung eines Kugelfräser erzeugt werden, dessen Radius r_S des Fräterschafts dem Radius R_S des Fräterschafts des tatsächlich zu verwendenden erfindungsgemäßen Werkzeugs entspricht. Aus diesen Hilfsfräsbahnen werden dann die tatsächlichen Fräsbahnen für das erfindungsgemäße Fräswerkzeug generiert. Dies erfolgt dadurch, dass

die Stützpunkte der Hilfsfräsbahnen in Richtung der Normalenvektoren der zu fräsenden Werkstückoberfläche verschoben werden. Die Verschiebung erfolgt unter Berücksichtigung des Radius r_s bzw. des Durchmessers d_s des Werkzeugschafts des Kugelfräzers, wobei diese Parameter dem Radius R_s bzw. dem Durchmesser D_s des Werkzeugschafts des erfindungsgemäßen, zu verwendenden Fräswerkzeugs entsprechen. Weiterhin erfolgt die Verschiebung der Stützpunkte unter Verwendung des Radius R_k des Werkzeugkopfs des erfindungsgemäßen Fräswerkzeugs und unter Verwendung der Radiusmittelpunkte der Werkzeugköpfe von Kugelfräser und tatsächlich zu verwendenden Fräswerkzeug. Durch eine einfache Differenzbildung der korrespondierenden geometrischen Parameter kann der Betrag der Verschiebung der Stützpunkte bestimmt werden.

Mithilfe der Erfindung ist es erstmals möglich, bei der Fräsbearbeitung komplexer Freiformflächen an Blisks Fräswerkzeuge einzusetzen, deren Werkzeugköpfe einen größeren Radius aufweisen als der Werkzeugschaft des Fräswerkzeugs. Hierdurch kann insgesamt ein größerer Zeilenabstand bei der Fräsbearbeitung eingestellt werden. Die zum Fräsen benötigte Zeit wird verringert. Die Effektivität der Fräsbearbeitung wird gesteigert.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Fräsen von Freiformflächen an Werkstücken, insbesondere zum 5-Achsenfräsen, wobei ein Werkstück von einem Fräswerkzeug (15) derart gefräst wird, dass sich eine gewünschte Freiformfläche ergibt, und wobei das Fräswerkzeug (15) zum Fräsen entlang mindestens einer definierten Fräsbahn relativ zum Werkstück bewegt wird, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Fräswerkzeug (15) verwendet wird, dessen Werkzeugkopf (17) einen größeren Radius aufweist als ein Werkzeugschaft (16) des Fräswerkzeugs.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** unter Verwendung eines Kugelfräzers (10), dessen Radius des Werkzeugkopfs dem Radius des Werkzeugschaftes entspricht, erste Fräsbahnen bzw. Hilfsfräsbahnen erzeugt werden, und dass aus diesen ersten Fräsbahnen bzw. Hilfsfräsbahnen zweite Fräsbahnen für das zu verwendende Fräswerkzeug (15) generiert werden.
3. Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** jede der ersten Fräsbahnen aus einer Vielzahl von Stützpunkten besteht.
4. Verfahren nach Anspruch 2 oder 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** Normalenvektoren der zu fräsenden Werkstückoberfläche erzeugt werden, wobei für jeden Stützpunkt der ersten Fräsbahnen bzw. Hilfsfräsbahnen ein korrespondierender Normalenvektor erzeugt wird.
5. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 2 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** zur Generierung der zweiten Fräsbahnen für das zu verwendende Fräswerkzeug (15) die Stützpunkte der ersten Fräsbahnen relativ zu den korrespondierenden Normalenvektoren verschoben werden.
6. Verfahren nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Stützpunkte um die Differenz aus dem Radius des Werkzeugkopfs des Kugelfräzers (10) und dem Radius des Werkzeugkopfs des zu verwendenden Fräswerkzeugs (15) verschoben werden.

7. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 oder 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Radius sowie ein Radiusmittelpunkt des Werkzeugkopfs des Kugelfräzers (10) und der Radius sowie ein Radiusmittelpunkt des Werkzeugkopfs des zu verwendenden Fräswerkzeugs (15) in einem Werkzeugkoordinatensystem definiert werden, wobei der Ursprung des Werkzeugkoordinatensystems ein Werkzeugbezugspunkt ist, in welchem sich eine Achse des Fräswerkzeugs mit einem Ende des Werkzeugkopfs schneidet.
8. Verfahren nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** zur Generierung der zweiten Fräsbahnen für das zu verwendende Fräswerkzeug (15) die Stützpunkte um die Differenz aus dem Radius des Kugelfräzers (10) und dem Radius des zu verwendenden Fräswerkzeugs (15) unter Verwendung der Koordinaten der entsprechenden Radiusmittelpunkte verschoben werden.
9. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 oder 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Fräswerkzeug nach Anspruch 10, 11 oder 12 verwendet wird.
10. Fräswerkzeug zum Fräsen von Freiformflächen an Werkstücken, insbesondere zum 5-Achsfräsen, mit einem Werkzeugschaft (16) und einem Werkzeugkopf (17), wobei der Werkzeugschaft (16) einen Radius und der Werkzeugkopf (17) einen Radius aufweist, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Radius des Werkzeugkopfs (17) größer ist als der Radius des Werkzeugschafts (16).
11. Fräswerkzeug nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Radius des Werkzeugkopfs (17) vorzugsweise doppelt so groß ist wie der Radius des Werkzeugschafts (16), jedoch kleiner als ein kleinster Krümmungsradius der zu fräsenden Freiformfläche.
12. Fräswerkzeug nach Anspruch 10 oder 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Werkzeugkopf (17) seitlich nicht über eine Mantelfläche des Werkzeugschafts (16) vorsteht.

13. Verwendung eines Fräswerkzeugs nach Anspruch 10, 11 oder 12 zur Herstellung von rotationssymmetrischen, scheibenförmigen oder ringförmigen Bauteilen, nämlich von Rotorscheiben mit integraler Beschaufelung, d.h. von sogenannten Blisks (Bladed Disks), durch Fräsen.

1 / 1

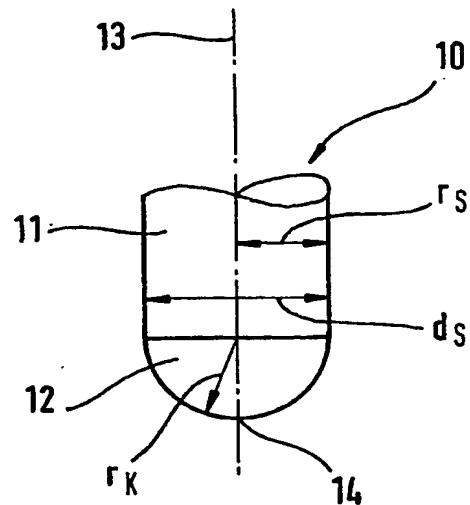


Fig. 1

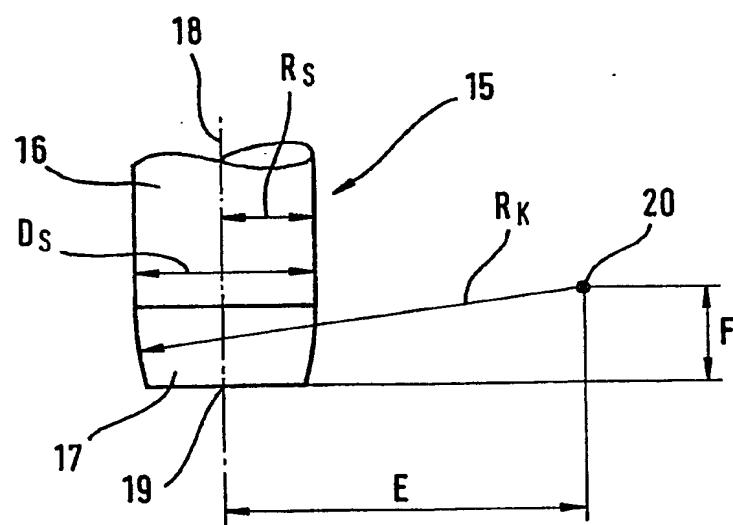


Fig. 2

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No PCT/DE2004/000809

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER IPC 7 G05B19/4093 B23C3/18 B23C5/10
--

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 G05B B23C

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, PAJ, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1999, no. 11, 30 September 1999 (1999-09-30) & JP 11 156620 A (HITACHI TOOL ENG LTD), 15 June 1999 (1999-06-15) abstract; figure 5	1,9-12
Y	-----	13
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1999, no. 11, 30 September 1999 (1999-09-30) & JP 11 156621 A (HITACHI TOOL ENG LTD), 15 June 1999 (1999-06-15) abstract claim 1 figures 3,5	1,9-12
Y	-----	13
	-/-	

Further documents are listed in the continuation of box C.

Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents :

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the International filing date
- *L* document which may throw doubts on priority, claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the International filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the International filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- *&* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the International search

16 August 2004

Date of mailing of the International search report

01/09/2004

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel: (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Fiorani, G

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/DE2004/000809

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	KAI T ET AL: "Offsetting surface boundaries and 3-axis gouge-free surface machining" COMPUTER AIDED DESIGN, ELSEVIER PUBLISHERS BV., BARKING, GB, vol. 27, no. 12, 1 December 1995 (1995-12-01), pages 915-927, XP004022745 ISSN: 0010-4485 figure 12 page 2, right-hand column, paragraph 2 page 4, right-hand column, paragraph 3	1-9
A	YUNCHING HUANG ET AL: "NON-CONSTANT PARAMETER NC TOOL PATH GENERATION ON SCULPTURED SURFACES" INTERNATIONAL JOURNAL OF ADVANCED MANUFACTURING TECHNOLOGY, SPRINGER VERLAG, LONDON, GB, vol. 9, no. 5, 1994, pages 281-290, XP000570562 ISSN: 0268-3768	4
Y	XIONG-WEI L: "Five-axis NC cylindrical milling of sculptured surfaces" COMPUTER AIDED DESIGN, ELSEVIER PUBLISHERS BV., BARKING, GB, vol. 27, no. 12, 1 December 1995 (1995-12-01), pages 887-894, XP004022742 ISSN: 0010-4485 abstract	13
A	-----	1-9

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/DE2004/000809

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
JP 11156620	A 15-06-1999	NONE	
JP 11156621	A 15-06-1999	NONE	